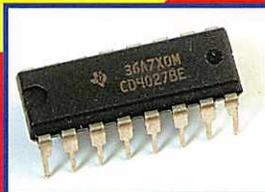
...e costruisci il tuo LABORATORIO DIGITALE

6,90 €

34

HARDWARE

DIGITALE DI BASE

MICROCONTROLLER

DIGITALE AVANZATO

TOTALMENTE PROGRAMMABILE!!!

9 771824 363008 41034

Peruzzo & C.

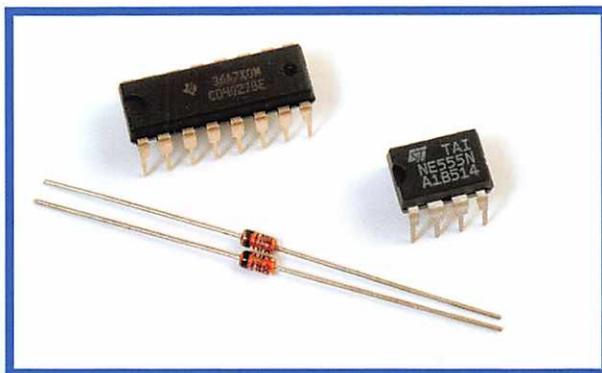
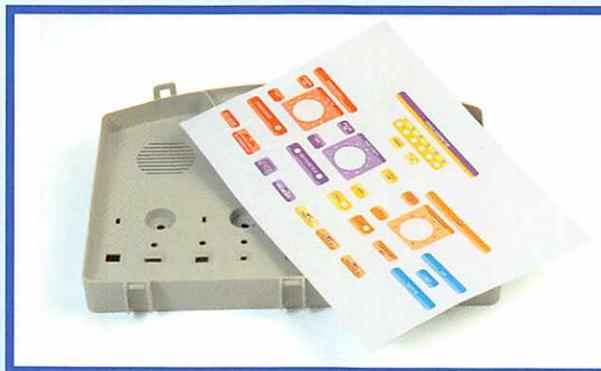
Direttore responsabile:
ALBERTO PERUZZO
Direttore Grandi Opere:
GIORGIO VERCELLINI
Consulenza tecnica e traduzioni:
CONSULCOMP S.n.c.
Pianificazione tecnica
LEONARDO PITTON

Direzione, Redazione, Amministrazione: viale Ercole Marelli 165, Tel. 02/242021, 20099 Sesto San Giovanni (Mi). Pubblicazione settimanale. Registrazione del Tribunale di Monza n. 1738 del 26/05/2004. Spedizione in abbonamento postale gr. II/70; autorizzazione delle Poste di Milano n. 163464 del 13/2/1963. Stampa: Grafiche Porpora s.r.l., Cernusco S/N (MI). Distribuzione SO.DI.P. S.p.A., Cinisello Balsamo (MI).

"ELETTRONICA DIGITALE"
si compone di
70 fascicoli settimanali
da suddividere
in 2 raccoglitori.

RICHIESTA DI NUMERI ARRETRATI. Per ulteriori informazioni, telefonare dal lunedì al venerdì ore 9.30-12.30 all'ufficio arretrati tel. 02/242021. Se vi mancano dei fascicoli o dei raccoglitori per completare l'opera, e non li trovate presso il vostro edicolante, potrete riceverli a domicilio rivolgendovi direttamente alla casa editrice. Basterà compilare e spedire un bollettino di conto corrente postale a PERUZZO & C. s.r.l., Ufficio Arretrati, viale Marelli 165, 20099 Sesto San Giovanni (MI). Il nostro numero di c/c postale è 42980201. L'importo da versare sarà pari al prezzo dei fascicoli o dei raccoglitori richiesti, più le spese di spedizione € 3,10 per pacco. Qualora il numero dei fascicoli o dei raccoglitori sia tale da superare il prezzo globale di € 25,82 e non superiore a € 51,65, l'invio avverrà per pacco assicurato e le spese di spedizione ammonteranno a € 6,20. La spesa sarà di € 9,81 da € 51,65 a € 103,29; di € 12,39 da € 103,29 a € 154,94; di € 14,98 da € 154,94 a € 206,58; di € 16,53 da € 206,58 in su. Attenzione: ai fascicoli arretrati, trascorse dodici settimane dalla loro distribuzione in edicola, viene applicato un sovrapprezzo di € 0,52, che andrà pertanto aggiunto all'importo da pagare. Non vengono effettuate spedizioni contrassegno. Gli arretrati di fascicoli e raccoglitori saranno disponibili per un anno dal completamento dell'opera. IMPORTANTE: è assolutamente necessario specificare sul bollettino di c/c postale, nello spazio riservato alla causale del versamento, il titolo dell'opera nonché il numero dei fascicoli e dei raccoglitori che volete ricevere.

IN REGALO in questo fascicolo

1 Circuito integrato 4027
2 Diodi 1N4148
1 Circuito integrato 555

IN REGALO nel prossimo fascicolo

1 Pannello superiore
Insieme di adesivi per il pannello superiore

COME RACCOGLIERE E SUDDIVIDERE L'OPERA NELLE 4 SEZIONI

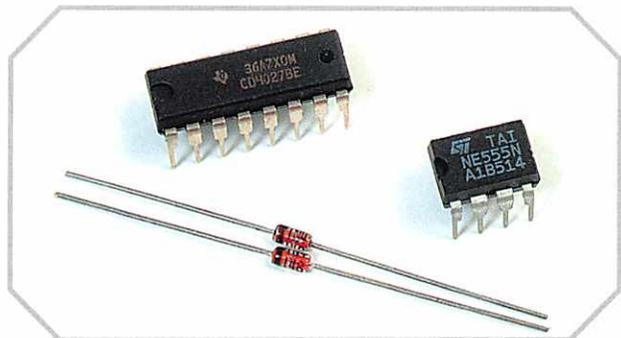
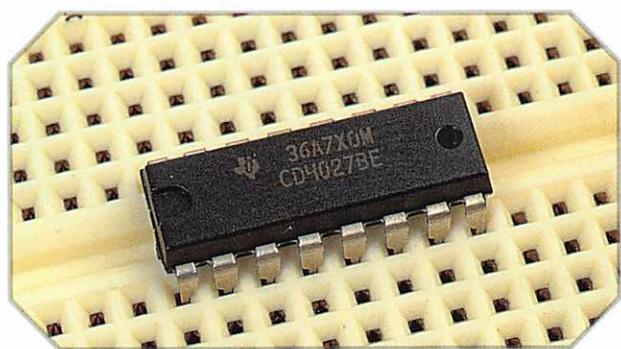
L'Opera è composta da 4 sezioni identificabili dalle fasce colorate, come indicato sotto. Le schede di ciascun fascicolo andranno suddivise nelle sezioni indicate e raccolte nell'apposito raccoglitore, che troverai presto in edicola. Per il momento, ti consigliamo di suddividere le sezioni in altrettante cartellette, in attesa di poterle collocare nel raccoglitore. A prima vista, alcuni numeri di pagina ti potranno sembrare ripetuti o sbagliati. Non è così: ciascuno fa parte di sezioni differenti e rispecchia l'ordine secondo cui raccogliere le schede.
Per eventuali domande di tipo tecnico scrivere al seguente indirizzo e-mail: elettronicadigitale@microrobots.it

Hardware Montaggio e prove del laboratorio

Digitale di base Esercizi con i circuiti digitali

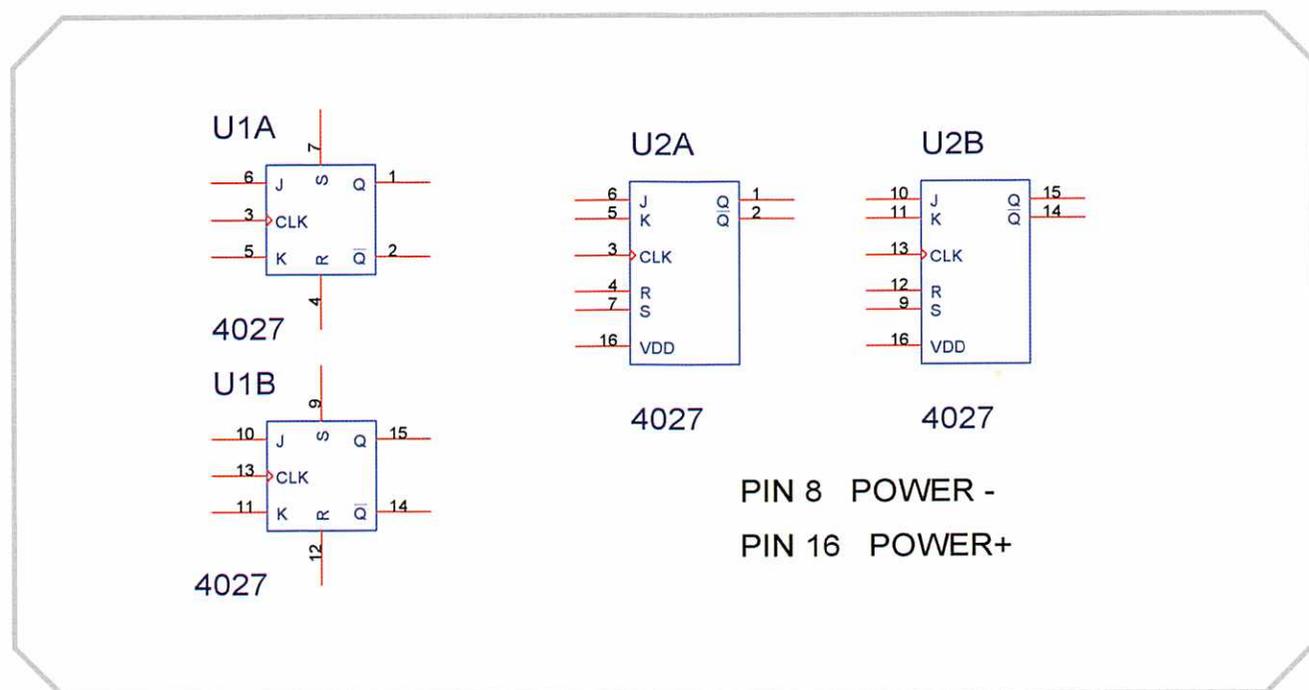
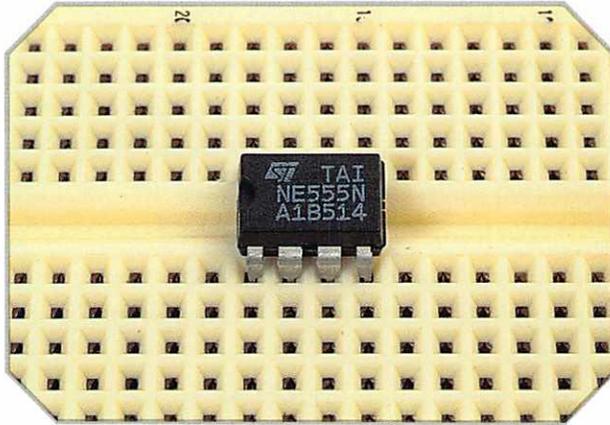
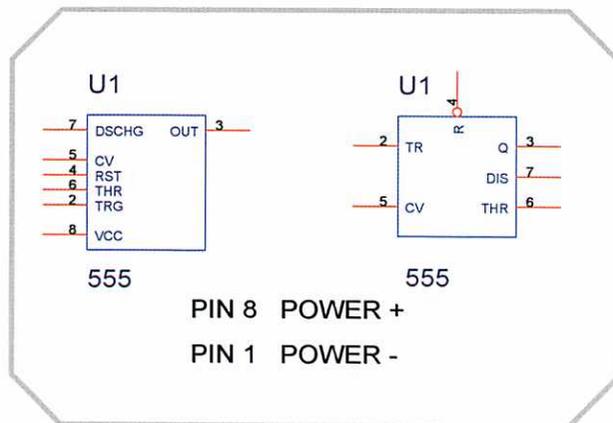
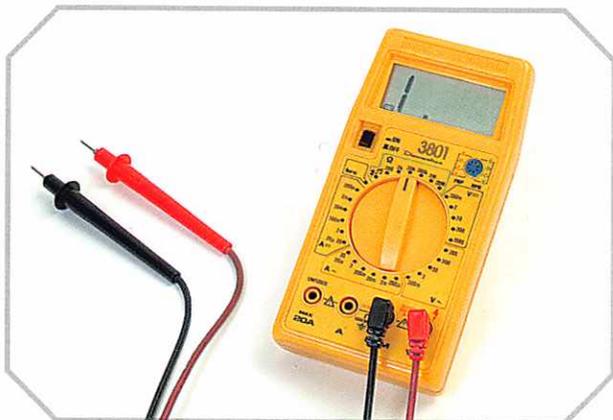
Digitale avanzato Esercizi con i circuiti sequenziali

Microcontroller Esercizi con i microcontroller

Componenti per esercizi

Componenti forniti con questo fascicolo.

Il 4027 contiene due bistabili JK.

Con questo fascicolo vengono forniti due circuiti integrati molto utilizzati, con cui realizzeremo parecchi esercizi. I diodi di segnale 1N4148 sono i più utilizzati in elettronica, grazie al loro basso costo e alle ottime caratteristiche, hanno fatto sparire dai cataloghi molti altri diodi simili. Vedremo anche alcuni consigli di utilizzo del multimetro per la misura delle resistenze.

Il 4027

Questo circuito integrato a 16 pin della famiglia 4000 in tecnologia a basso consumo CMOS contiene al suo interno due bistabili J-K con ingressi asincroni di Preset e Clear. È molto utilizzato per la costruzione di contatori basati su bistabili, specialmente a scopi didattici. Nelle figure sono riportati i due modi più comuni di rappresentazione negli schemi dei circuiti.

Rappresentazioni del 4027.

Timer 555 con contenitore DIL-8.

Rappresentazioni del 555.

Multimetro impostato per la misurazione delle resistenze.

Il 555

Questo integrato a 8 pin è "timer" di utilizzo generale con alta corrente di uscita che abbiamo già spiegato al punto teorico; ora abbiamo la possibilità di lavorare con questo componente in modo pratico. Viene utilizzato per realizzare oscillatori astabili e temporizzatori monostabili, dato che richiede pochi componenti esterni. La sua tensione di alimentazione permette l'utilizzo con integrati della famiglia 4000.

Misura di resistenza

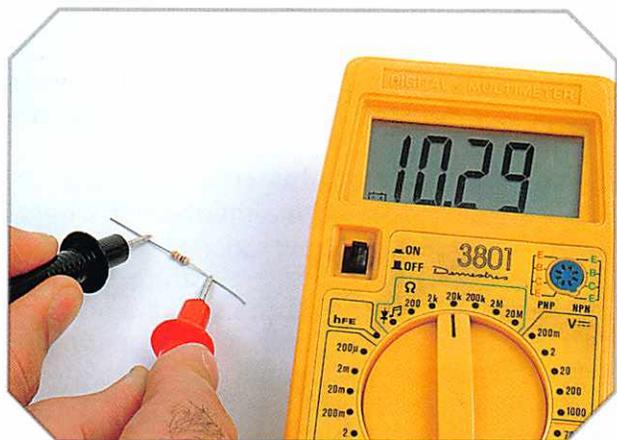
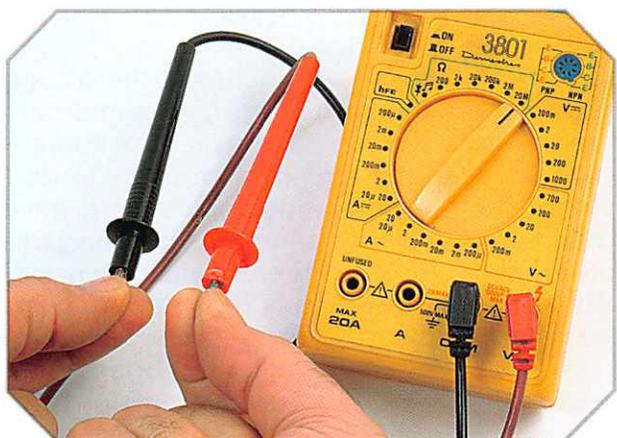
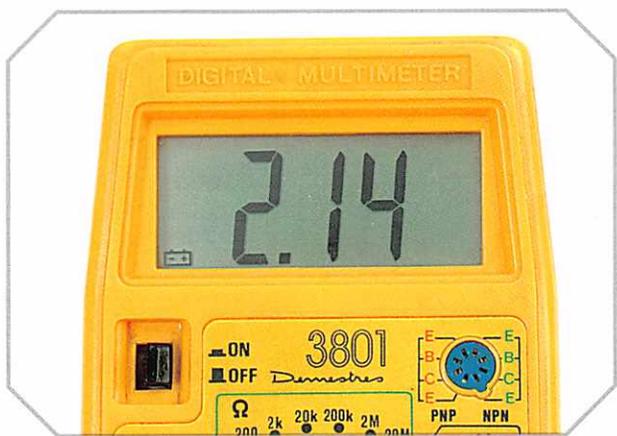
Una delle misure che possiamo realizzare con il multimetro è la misura delle resistenze, che con le apparecchiature analogiche era piuttosto complicata, mentre risulta molto facile nei dispositivi digitali. Questo tipo di misura è generalmente eseguito con un buona precisione, anche dagli strumenti più economici.

Preparazione del dispositivo

La prima operazione da eseguire è scegliere la posizione del commutatore di selezione del dispositivo, il quale si deve posizionare per la misura di resistenza. Se si conosce il valore approssimato bisogna scegliere un fondoscala superiore, se non si conosce bisogna scegliere una scala alta e poi accendere lo strumento. Per alcuni strumenti la funzione di accensione e spegnimento è inserita nello stesso comando del selettore, in altri è un commutatore indipendente. I cavi di misura si collegano fra la boccola comune, normalmente di colore nero, e la boccola contrassegnata con il simbolo Ω o con una R dove va collegato il cavo rosso.

Scale

I multimetri digitali hanno scale di resistenza da 200 Ω, 2 K, 20 K, 2 M e alcuni da 20 M. Questo valore indica il fondoscala, ma in realtà si tratta di una semplificazione, dato che la misura eseguibile è 199.9 per gli strumenti a tre digit e mezzo e 199.99 a quattro digit e mezzo che sono i display di uso più comune.

Per la seconda scala il massimo sarebbe 1999, per la terza 19.99, per la quarta 1.999 e per la quinta, quando è presente, sarebbe di 19.99.

La pressione assicura un buon contatto.

Punte disposte per la misurazione della resistenza fra due dita.

Misura ottenuta nella prova precedente.

La misura

Realizziamo un semplice esercizio pratico, nel nostro esempio scegliamo una resistenza di valore noto, per esempio 10 K il 5% di tolleranza della resistenza. Scegliamo la scala da 20 K e la lettura ideale, se la resistenza e lo strumento fossero perfetti, sarebbe 10.00; otterremo invece un valore compreso fra 9.50 e 10.50. In questo caso la resistenza è all'interno dei limiti di tolleranza. Se la misura risulta molto diversa potrebbe essere a causa di un danno subito durante il funzionamento all'interno di qualche circuito, probabilmente per aver subito una corrente elevata.

Dobbiamo evitare valori ai limiti delle scale, ad esempio, con il commutatore nella posizione che vediamo in figura, se colleghiamo una resistenza di appena 82 Ω, si illuminerà solamente l'ultimo digit, dovremo quindi abbassare la scala fino a 200 Ω per poter ottenere una buona precisione.

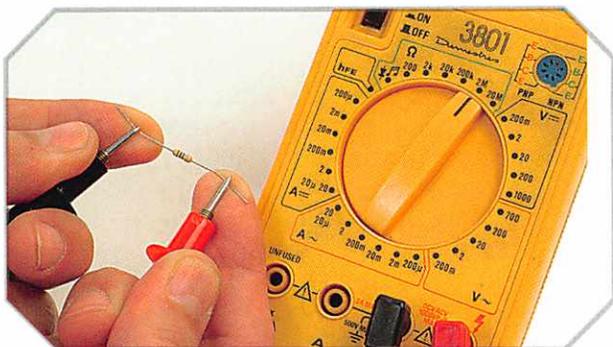
Vi consigliamo di misurare diverse resistenze e comparare i valori di lettura del display nelle differenti scale, è normale trovare delle piccole variazioni e daremo come valida la lettura eseguita nel tratto centrale delle scale.

Un uno alla sinistra

Quando sul display appare un uno alla sinistra lo strumento ci sta indicando che il valore misurato oltrepassa il valore massimo della scala, conviene quindi unire i puntali fra loro e verificare che la misura sia prossima allo zero, in caso contrario significa che si è tagliato, rotto o scollegato uno dei due cavi di misura.

Un buon contatto

Per fare in modo che la misura sia corretta, leggeremo il display solamente quando la lettura rimane fissa, se varia la cosa più probabile è che qualche collegamento non sia stato ben eseguito.

Per la misura delle resistenze è necessario fare una certa pressione con i puntali contro gli estremi della resistenza o del cavo da misurare. Esistono a questo scopo apposite pinzette in cui una molla esercita la necessaria pressione sui terminali, oppure portare la punta contro la resistenza, appoggiando gli estremi su una superficie isolante.

Fissando in questo modo una resistenza otterremo una misura errata.

Risultato errato ottenuto da una resistenza da 1 M.

Attenzione alle dita

È possibile che ci capiti di far pressione con le dita per unire gli estremi della resistenza contro il puntale di misura, in questo caso il multimetro funziona correttamente e la tensione applicata alle dita è normalmente molto bassa e non risulta essere né pericolosa né molesta.

Tuttavia la misura non è eseguita correttamente, perché stiamo misurando una resistenza in parallelo alla resistenza del corpo umano, e quest'ultima è molto variabile, specialmente con l'umidità che le due dita hanno al momento della misura.

È sufficiente togliere la resistenza e stringere i puntali con le dita, uno in una mano e l'altro nell'altra, per misurare la resistenza del corpo.

Macchina della verità

A titolo di curiosità segnaliamo che alcune "macchine della verità" molto rudimentali, erano basate sulla teoria che mentire aumenta la sudorazione, quindi diminuisce la resistenza; un minimo di fondamento c'era, ma è meglio utilizzare il multimetro per eseguire esperimenti con circuiti elettronici, invece di utilizzarlo per misurare la resistenza del corpo umano. Inoltre come regola generale, non si dovrebbero mai toccare le punte di misura con le dita.

Esperimento

Vi consigliamo di scegliere una resistenza di valore alto, ad esempio 1 M, misurarla con il multimetro in modo corretto e comparare la misura ottenuta con quella che si ottiene facendo pressione su ogni estremo della resistenza, contro le punte di misura, utilizzando le dita della mano.

Resistenza ben collegata.

Prova del 4027

Il 4027 è un circuito integrato che dispone di due flip-flop JK di tipo CMOS. Questi flip-flop sono registri in grado di memorizzare il dato presente sull'ingresso e mantenerlo anche dopo il cambiamento dello stesso. Verificheremo la tabella per provare il corretto funzionamento.

L'idea

Per realizzare la prova utilizzeremo uno dei flip-flop JK di cui dispone l'integrato con tutti i suoi terminali di ingresso (J, K, S e R) collegandoli a diversi fili per poter fissare i loro livelli di ingresso a 1 oppure a 0 e per vedere l'evoluzione di uscita quando si agisce su uno di questi ingressi. Collegheremo anche l'ingresso del clock all'oscillatore che genera impulsi a una frequenza molto bassa, per permettere di visualizzare l'effetto dello stesso sul flip-flop.

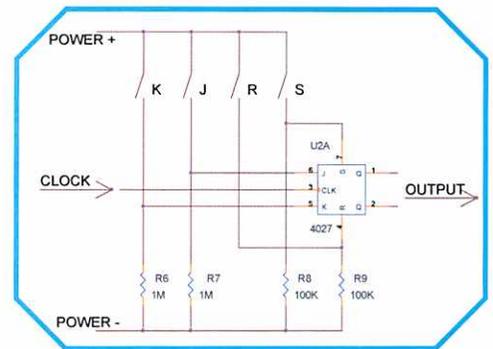
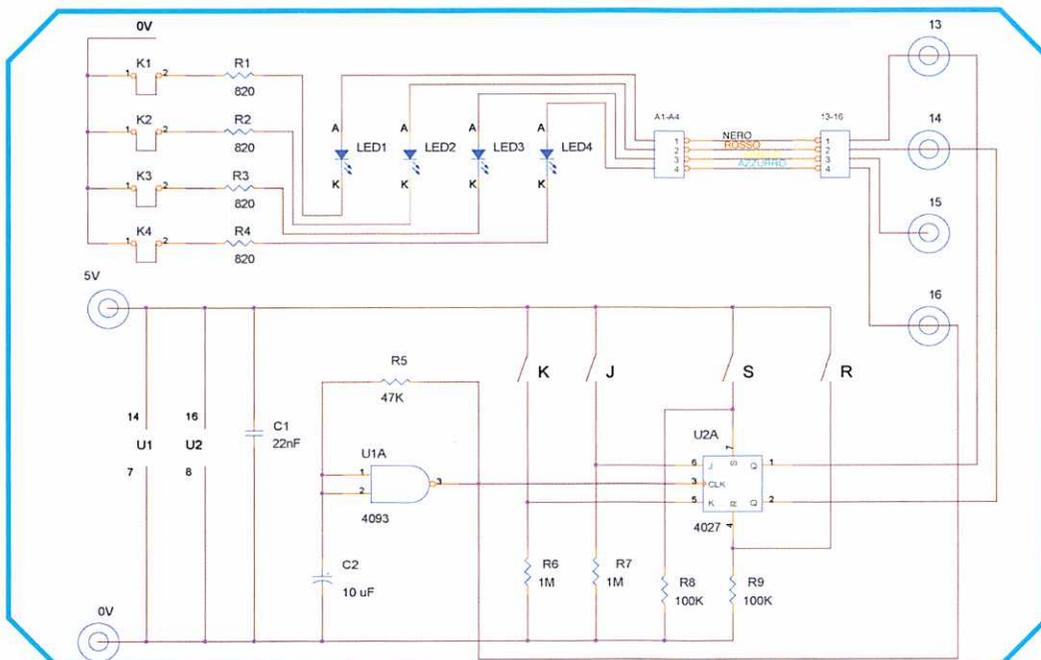
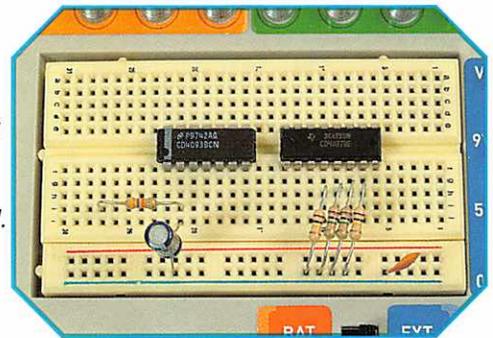
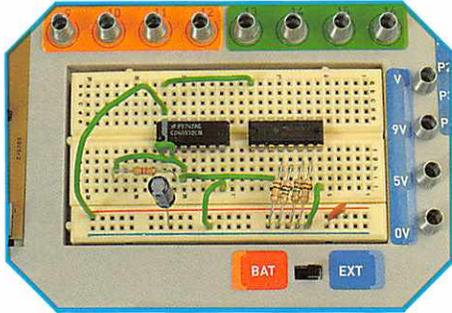
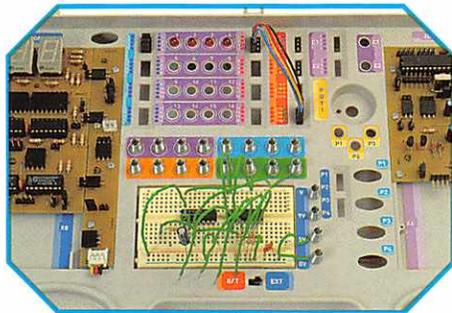
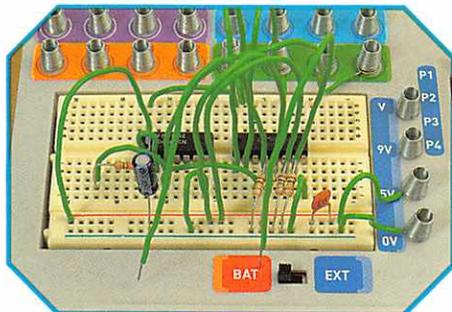
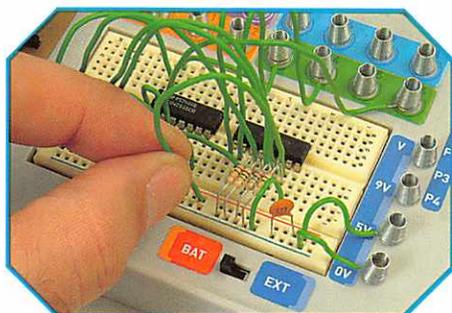
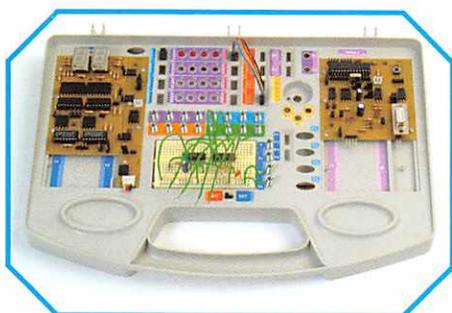
Infine collegheremo le due uscite Q e /Q ai LED1 e LED2 della matrice dei LED.

Percorreremo tutti gli stati della tabella della verità per vedere il funzionamento di questo flip-flop.

Il circuito

Il circuito ha tre parti chiaramente distinte.

1 - Il circuito oscillatore è formato da una delle quattro porte NAND del circuito integrato 4093. La frequenza del segnale di clock è lenta

Circuito di prova del bistabile.

Componenti inseriti sulla scheda Bread Board.

Schema del circuito di prova del bistabile, con un oscillatore ausiliario.

Cablaggio interno della scheda Bread Board.

Collegamenti esterni compresa l'alimentazione.

Con J e K uniti, l'uscita cambia a ogni impulso di clock.

Chiudendo solamente S il LED 1 si illumina.

Laboratorio con l'esperimento realizzato.

a sufficienza per permettere di visualizzare l'effetto di un cambio di livello su uno dei quattro ingressi (J, K, S e R).

2 - Il circuito di prova: l'integrato 4027 ha sui suoi quattro ingressi di prova delle resistenze collegate al negativo dell'alimentazione. In questo modo con i quattro fili che simulano i pulsanti J, K, S e R scollegati ovvero aperti, avremo uno zero su ognuno degli ingressi. Dato che i fili dall'altro lato sono collegati alla linea di alimentazione positiva da 9 V, quando li chiudiamo equivarrà ad applicare un livello alto a ogni ingresso.

3 - La matrice dei LED: i LED 1 e 2, ci permetteranno di visualizzare il livello delle uscite del flip-flop.

J	K	S	R	CLK	Q	/Q
0	0	0	0	↑	x	/x
0	0	1	0	x	1	0
0	0	0	1	x	0	1
1	0	0	0	↑	1	0
0	1	0	0	↑	0	1
1	1	0	0	↑	1	0
1	1	0	0	↑	0	1

NOTA:
1 – livello alto
0 – livello basso
x – ininfluente (può essere 1 o 0)

Funzioni del flip-flop.

LISTA DEI COMPONENTI

U1 Circuito integrato 4027
U2 Circuito integrato 4093
R5 Resistenza 47 K (giallo, viola, arancione)
R6, R7 Resistenza 1 M (marrone, nero, verde)
R8, R9 Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
C1 Condensatore 22 nF
C2 Condensatore 10 µF elettrolitico

Montaggio

Il montaggio si esegue come d'abitudine montando i ponticelli sui collegamenti dei catodi. L'alimentazione del 4027 è la seguente: positivo sul terminale 16 e negativo sul terminale 8.

Prova

Il metodo per realizzare la prova deve essere sempre lo stesso: quando il LED dell'oscillatore è spento, è il momento di cambiare lo stato degli ingressi. Nel caso degli ingressi J e K, l'uscita cambia di stato quando il clock passa da 0 a 1. Invece nel caso degli ingressi Set e Reset il clock non conta, in quanto la variazione di livello avviene indipendentemente dal clock, infatti l'uscita passa a 1 se si attiva S e a 0 se si attiva R. Questi due ingressi R e S non si devono attivare contemporaneamente perché generano nel componente uno stato di indeterminazione.

Contatore bidirezionale automatico fino a 8

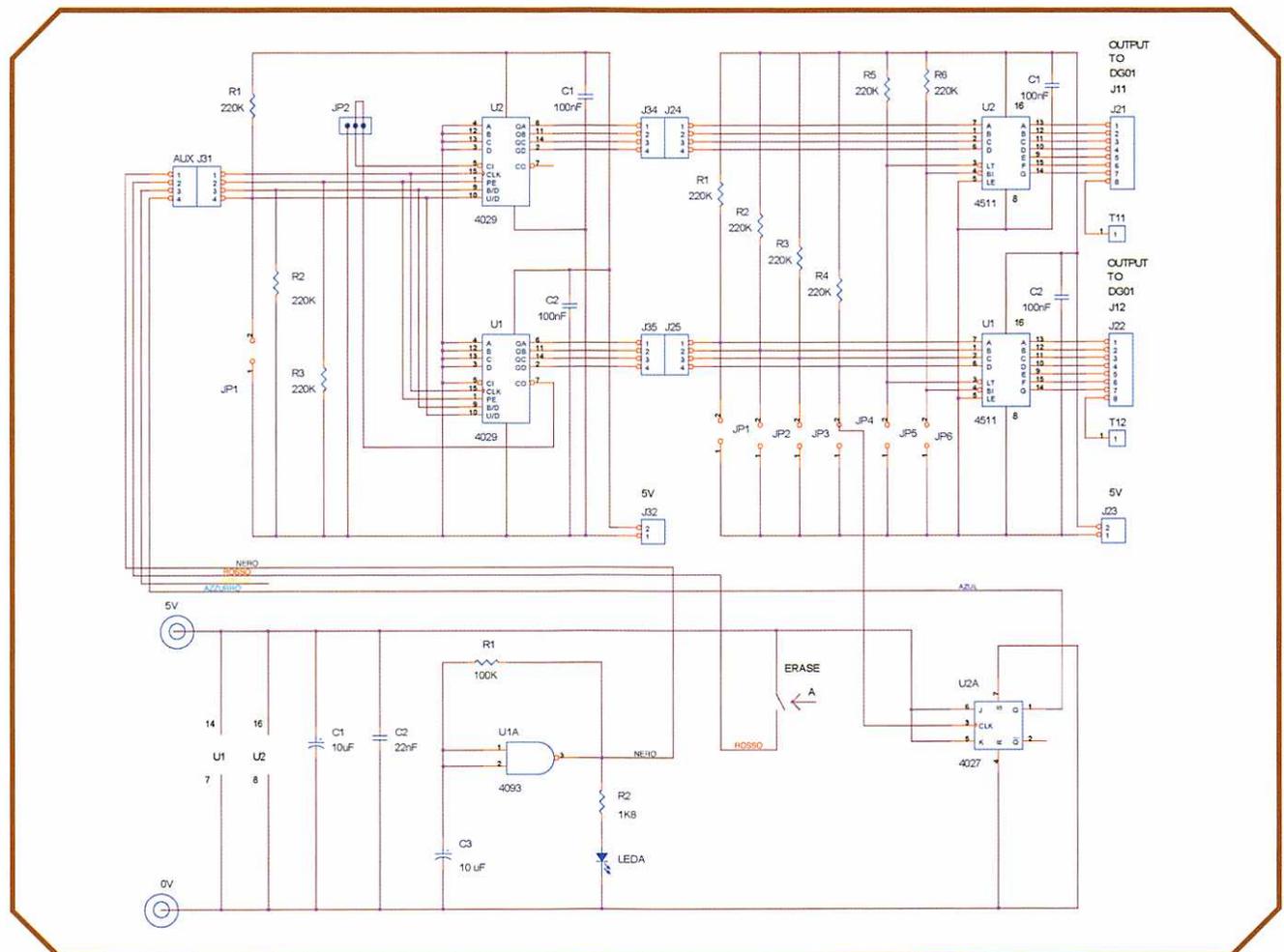
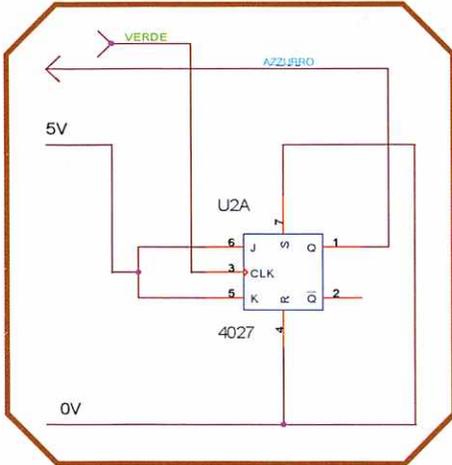
Il circuito contatore conta in modo ascendente da 0 fino a 7, poi, automaticamente conta in modo discendente fino a quando il quarto bit passa a 8. A questo punto inizia nuovamente il conteggio ascendente.

Il circuito

L'obiettivo di questo esperimento è la realizzazione di un circuito semplice con un flip-flop J-K che permette di cambiare in modo automatico il verso del conteggio del contatore a due digit che abbiamo montato nella zona 1 del laboratorio.

La porta U1A sarà il generatore di impulsi applicato all'ingresso del clock del contatore. La frequenza del clock è bassa per poter visualizzare sui due display la variazione del conteggio.

Il cambio di direzione automatico si realizza cambiando l'uscita del flip-flop JK e applicandola all'ingresso UP/DOWN del contatore. A questo scopo rileveremo un cambio di livello sul bit D del contatore delle unità U1.

In qualsiasi momento del conteggio è possibile impostare a zero i due display a sette segmenti. Per fare questo effettueremo un Reset dei due contatori azionando il pulsante simulato dal filo A (Erase).

Schema del contatore con inversione su 8.

Dettaglio del collegamento del 4027.

Il generatore di impulsi - clock -

Il generatore di impulsi è molto semplice, utilizza una porta del circuito integrato 4093, una resistenza R1 da 100 K e un condensatore da 10 µF. L'uscita è presa sull'uscita della porta U1A, che corrisponde al terminale 3 del circuito integrato. Lo stato dell'uscita (1 o 0) verrà visualizzato sul diodo LED A. La resistenza R2 limita la corrente che circola sul LED. I condensatori C1 e C2 filtrano l'alimentazione.

Il flip-flop JK come flip-flop T

Se colleghiamo i due ingressi J e K del flip-flop U2A al positivo dell'alimentazione si ottiene una configurazione di flip-flop molto conosciuta. Questa configurazione di flip-flop JK è nota come configurazione su T.

La particolarità di questo flip-flop consiste nel fatto che ogni volta che arriva un impulso di clock sull'ingresso CLK, l'uscita Q cambia di stato. Quindi se l'uscita è Q=1 e un impulso di clock entra, l'uscita cambierà in Q=0; se entra un altro impulso cambierà nuovamente a 1.

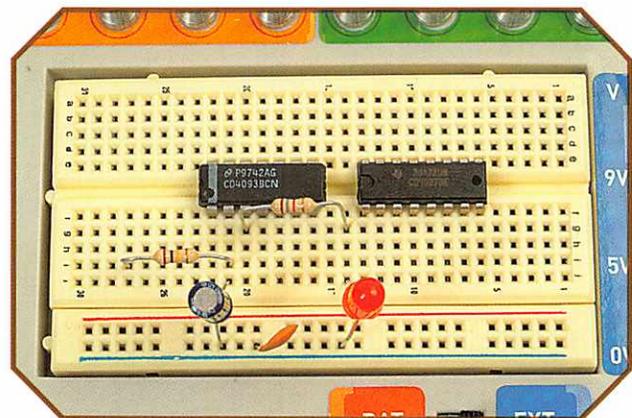
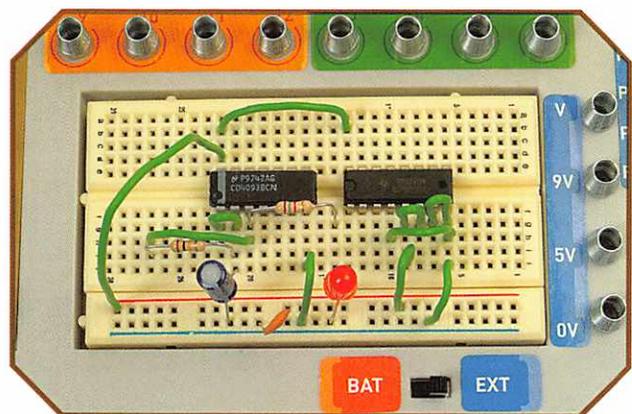
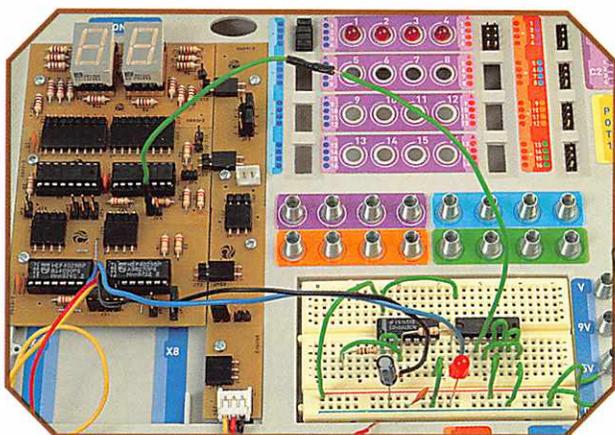
È importante inoltre assicurare che i due ingressi Set e Reset siano disabilitati collegandoli alla massa dell'alimentazione.

Montaggio

Prima di iniziare il montaggio e durante lo stesso, è necessario essere sicuri che non ci sia alimentazione, per questo vi raccomandiamo di mantenere come ultimo collegamento quello del positivo dell'alimentazione alla scheda Bread Board.

Dato che il contatore è già disponibile è sufficiente montare i componenti del generatore di impulsi sulla scheda Bread Board e realizzare il cablaggio, facendo particolare attenzione alla posizione dei circuiti integrati, alla polarità dei condensatori elettrolitici e a quella del diodo LED.

Il collegamento al contatore si realizza con un cavo a quattro fili terminato su un connettore nero a quattro vie, che si collega direttamente al connettore J31 della scheda DG03, facendo attenzione a collegare il filo nero al terminale 1. Il giallo deve rimanere libero senza nessun collegamento. Non devono essere presenti i ponticelli delle schede DG01 e DG02, invece sulla DG03 bisogna collegare JP2 in posizione normale; potete verificare questa posizione nelle fotografie.

Inoltre bisogna tener presente il collega-

Componenti sulla scheda Bread Board.

Cablaggio interno della scheda.

Collegamento del filo verde
su JP4, è il terminale più vicino a J25.

Collegamento del cavetto
fra J31 di DG03 e la scheda Bread Board.

mento del filo verde dal terminale 3 del circuito integrato 4027 fino al terminale JP4 più vicino alla scheda, al connettore J25.

Alimentazione

Sia il generatore di impulsi che il contatore possono funzionare a 5 V o a 9 V, però per fare in modo che i livelli di uscita del generatore di impulsi siano compatibili con gli ingressi del contatore, entrambi i circuiti devono essere alimentati alla stessa tensione.

La tensione di alimentazione del contatore si seleziona con i ponticelli delle schede DG04 e DG05.

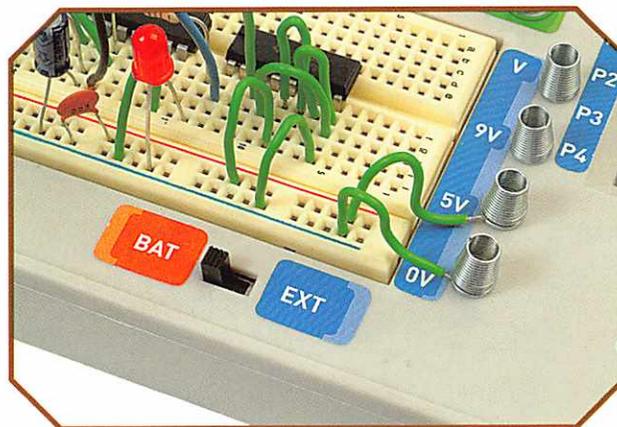
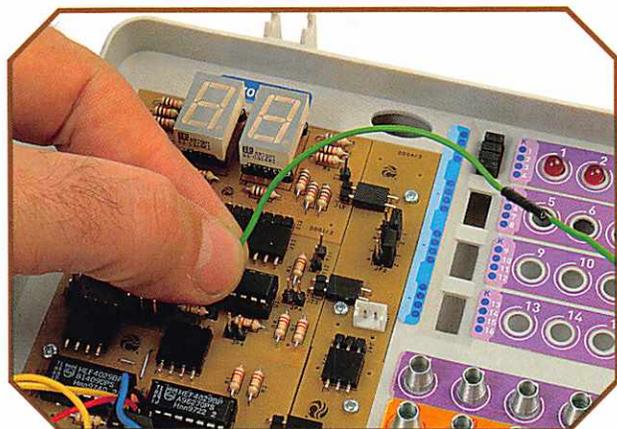
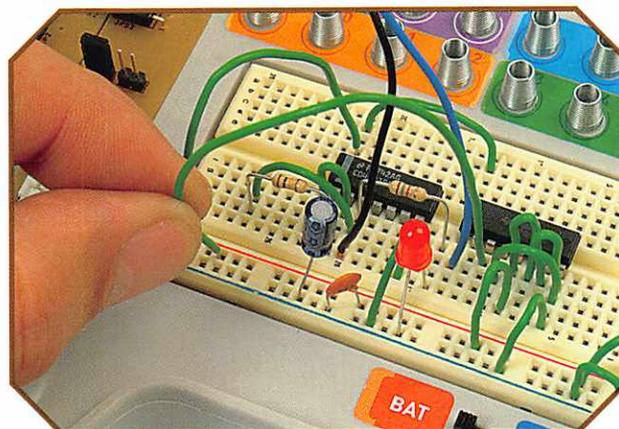
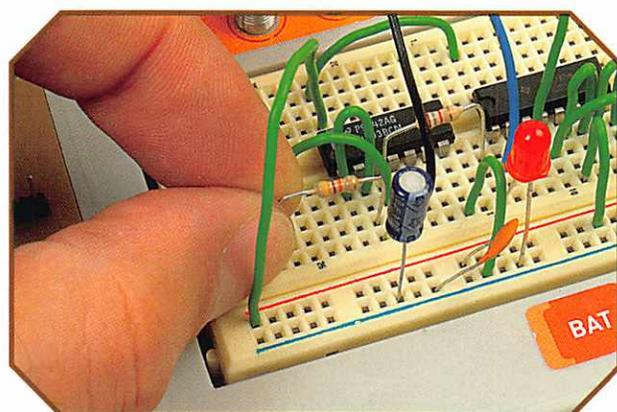
Per 5 V i due ponticelli della scheda DG04 devono essere in posizione 1-2, mentre sulla DG05 il ponticello deve essere montato su JP1.

Per alimentare a 9 volt i ponticelli della scheda DG04 devono essere in posizione 3-4, mentre sulla DG05 il ponticello deve essere su JP2.

Nel caso dell'oscillatore si utilizzano le molle di alimentazione da 5 V, oppure da 9 V, senza dimenticare di collegare il negativo dell'alimentazione a 0 V.

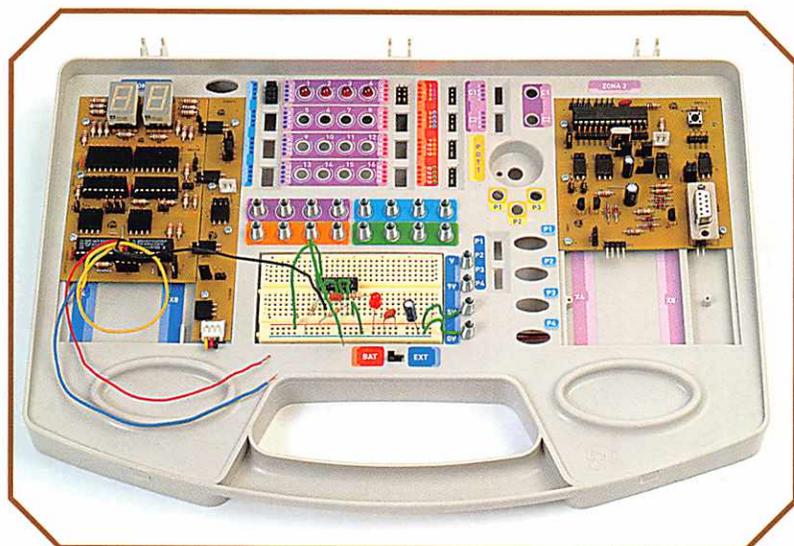
Prove

Dopo che il montaggio è stato realizzato in modo corretto è sufficiente collegare l'alimentazione, tutti i circuiti alla stessa tensione e il filo nero del cavetto al terminale 3 del circuito integrato.

La cancellazione si ottiene
collegando il filo rosso al positivo.

Collegare l'alimentazione
a 5 V e commutare su BAT per iniziare.

Staccando il collegamento del filo verde, il contatore non si ferma a 8.

Il filo verde si può utilizzare per invertire il conteggio scollegandolo da JP4 e collegandolo per un attimo al positivo.

Abbassando il valore di R1 il contatore conta più velocemente.

Collegando l'alimentazione inizierà il conteggio, che sarà ascendente se l'uscita Q di U2A è 1 e discendente se la stessa uscita vale 0.

Collegando l'alimentazione, l'uscita Q può assumere inizialmente un valore qualsiasi. Se ad esempio comincia in verso ascendente, vedremo arrivare i display fino a 07 e quando apparirà 08, inizierà il conteggio in senso inverso, man mano che arrivano gli impulsi di clock, fino a giungere a 98. A questo punto il verso del conteggio cambierà nuovamente e diventerà ascendente.

Se in qualsiasi momento togliamo il filo verde di JP4, il contatore conterà in senso ascendente da 00 fino a 99.

Vista del laboratorio con l'esperimento completo.

LISTA DEI COMPONENTI

U1	Circuito integrato 4093
U2	Circuito integrato 4027
R1	Resistenza 100 K (marrone, nero, giallo)
R2	Resistenza 1K8 (marrone, grigio, rosso)
C1, C3	Condensatore 10 µF elettrolitico
C2	Condensatore 22 nF
LED A	Diodo LED rosso 5 mm

Esercizio 1: ingressi e uscite del programma

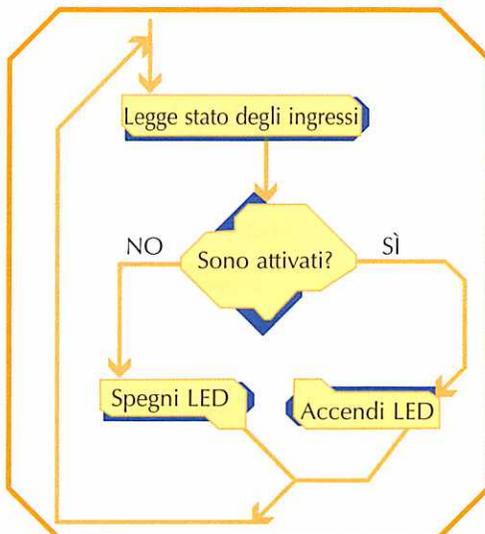
Faremo alcuni esercizi lavorando con essi come se fossero dei veri progetti. Partiremo da zero e attraverso le conoscenze e con l'aiuto dei programmi che abbiamo imparato a utilizzare, arriveremo fino a provare il lavoro eseguito in modo pratico e reale sul laboratorio, verificandone il corretto funzionamento.

Enunciato

Si tratta di realizzare un esercizio in cui si legge lo stato logico degli elementi collegati alla porta C, riflettendo questo stato su diodi LED collegati alla porta B.

Questo semplice esercizio lavora con gli ingressi/uscite del nostro microcontroller, però ci servirà soprattutto per far pratica con quanto abbiamo visto fino a ora acquisendo così maggior metodo e scioltezza nella realizzazione di un progetto.

Organigramma

Se ricordiamo i passaggi da seguire per affrontare un progetto, sappiamo che il primo di essi è l'analisi dell'enunciato, e che la forma migliore per effettuare questo lavoro è l'utilizzo di un organigramma. Se osserviamo l'organigramma della figura vediamo che con la sola lettura del valore dell'ingresso e con il passaggio di quest'ultimo sull'uscita il problema sarebbe risolto.

Organigramma dell'applicazione.

Codice

Per risolvere il progetto apriremo un editor di testo (ad esempio blocco note) e inizieremo a scrivere il nostro codice. Ricordate che è molto utile l'utilizzo dei commenti che chiariscono la funzionalità del programma e delle istruzioni.

Le prime linee di codice sono uguali in tutti i programmi: il tipo di processore e la libreria che contiene le definizioni dei registri. Le linee successive sono le direttive per organizzare la memoria e nelle quali definiamo le posizioni di memoria in cui verrà contenuto il codice del programma.

Possiamo decidere che il programma inizi con la configurazione del dispositivo. In questo caso dobbiamo configurare la porta B come uscita e la porta C come ingresso. Conviene pulire la porta di uscita in modo da elimi-

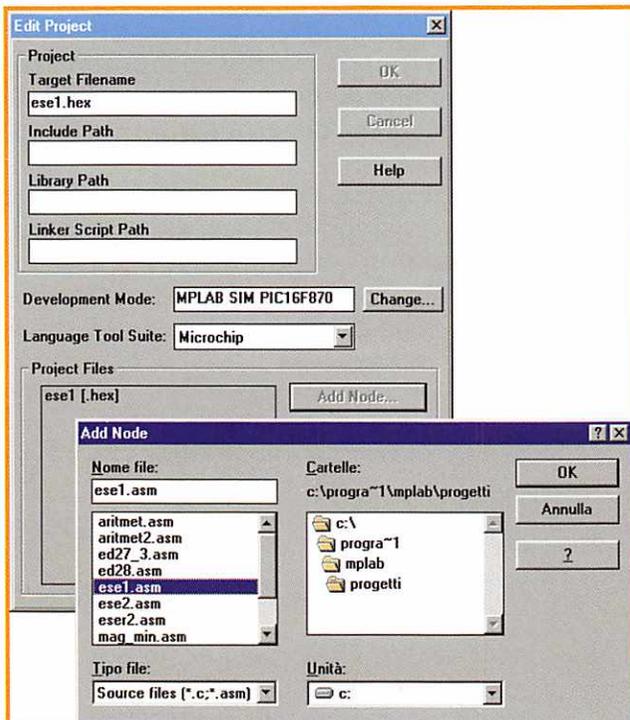
```
;
;Leggere lo stato degli interruttori di ingresso (porta C) e riflettere
;il livello logico degli stessi sui led RB0-RB7 collegati alla porta B

        List    p=16F870        ;Processore
        include "P16F870.INC"   ;Definizione dei registri interni

        ORG     0x0
        goto    inizio
        ORG     0x05

Inizio  clrf    PORTB           ;Cancella i dati casuali
                                che potrebbero esserci sull'uscita
        bsf     STATUS,RP0      ;Seleziona il banco 1
        clrf    TRISB           ;Porta B si configura come uscita
        movlw   0xFF
        movwf   TRISC           ;Porta C si configura
                                come ingresso
        bcf     STATUS,RP0      ;Seleziona banco 0

Loop    movf    PORTC,W         ;Leggi gli ingressi
        movwf   PORTB           ;Rifletti sulle uscite
        goto    Loop            ;Ciclo senza fine

        end                     ;Fine del programma
```

```
;
;Leggere lo stato degli interruttori di ingresso (porta C) e riflettere
;il livello logico degli stessi sui led RB0-RB7 collegati alla porta B

            List    p=16F870            ;Processore
            include "P16F870.INC"       ;Definizione dei registri interni

            ORG     0xB0

Inizio      clrf    PORTB               ;Cancella i dati casuali che potreb
            bsf     STATUS,RP0          ;Seleziona il banco 1
            clrf    TRISB               ;Porta B si configura come uscita
            movlw   0xFF
            movwf   TRISC               ;Porta C si configura come ingress
            bcf     STATUS,RP0          ;Seleziona banco 0

Loop        movf    PORTC,W             ;Leggi gli ingressi
            movwf   PORTB               ;Rifletti sulle uscite
            goto    Loop                ;Ciclo senza fine

            end                         ;Fine del programma
```

Soluzione che si trova sul CD pensata per lavorare con il Bootloader.

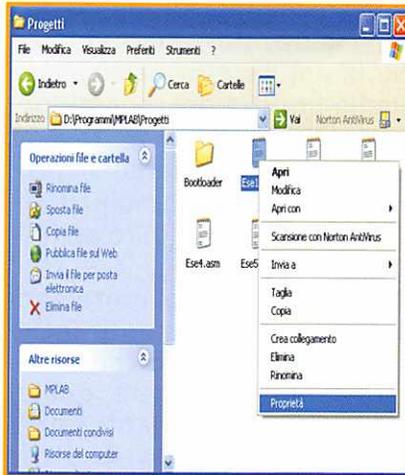
nare eventuali valori residui che potrebbero confondere il risultato finale.

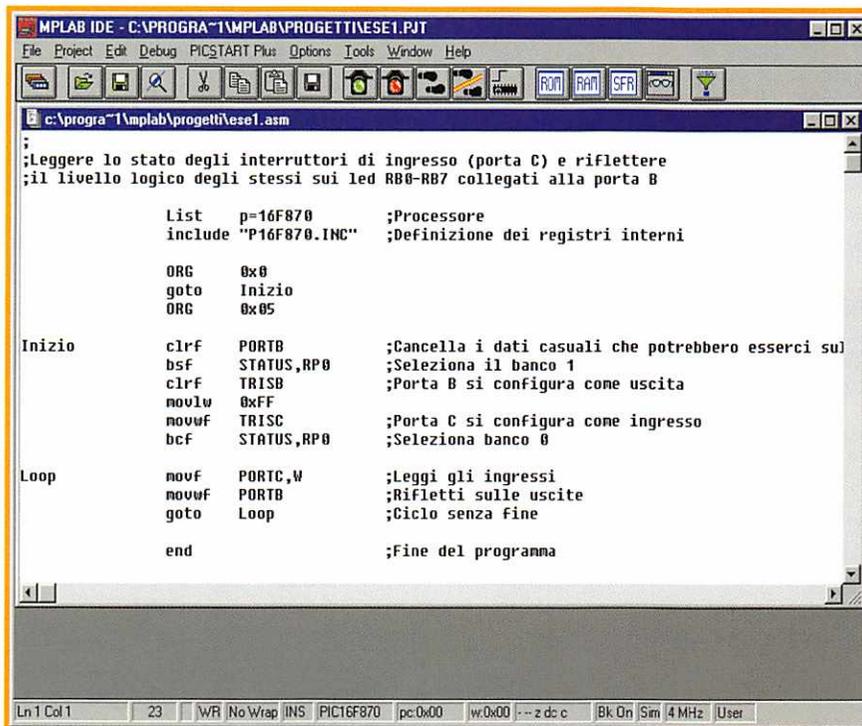
Il funzionamento dell'applicazione è molto semplice: leggere l'ingresso e passare questo dato all'uscita. Questo lo ripeteremo in modo consecutivo per aggiornare frequentemente i valori. Nella figura possiamo vedere il programma risultante.

Nel CD fornito con questa opera possiamo trovare un programma che risponde a questo enunciato. Si tratta "ese1.asm" risolve il progetto, ma ha una particolarità. È scritto a partire dalla posizione di memoria 0Bh, questo perché è previsto l'utilizzo del programma residente Bootloader che vi spiegheremo più avanti. Se esiste un programma residente nel PIC, il codice che memorizzeremo non deve sovrascrivere il programma, quindi dovrà essere ubicato in una posizione di memoria libera. Se questo programma viene scritto direttamente sul PIC senza tener conto di questo, il programma residente non funzionerà correttamente.

Aggiungiamo il file al progetto.

Compilazione

Per verificare che il programma fatto corrisponda ai requisiti dell'enunciato ne simuleremo il funzionamento mediante MPLAB. La prima cosa da fare è salvare il file creato con il codice nella directory dove si trovano i progetti di lavoro. Ricordate che il file deve essere salvato con l'estensione ".asm". In seguito apriremo MPLAB e creeremo un progetto come mostrato nella figura. Il nome del progetto non deve contenere più di otto lettere, nel caso fosse più lungo apparirebbe un messaggio di errore che ci comunicherà che il nome del file che stiamo cercando di creare non è valido. Fatto questo apriremo edit pro-

Creiamo un progetto per contenere il nostro programma.

Clicchiamo con il pulsante destro del mouse sul file.

Disabilitiamo l'opzione di sola lettura.

Aspetto di MPLAB con il nostro file caricato.

get e aggiungeremo al progetto il file in assembler (.asm) con il nostro codice. In seguito dovremo aprire il file per poterlo vedere sul display, selezionando dal menù File l'opzione Open.

Nel caso venga copiato nella cartella dei progetti il file fornito con il CD, prima di modificarlo dovremo disabilitare all'interno delle proprietà del file stesso, l'opzione di Sola lettura. Per fare questo dovremo, tramite Explorer, cliccare il file con il pulsante destro del mouse e selezionare Proprietà. Apparirà una finestra simile a quella della figura, in cui dovremo lasciare libera l'opzione Sola lettura, applicando e confermando poi l'operazione.

Con il file aggiunto nel nostro Progetto e visualizzato sul monitor, MPLAB avrà l'aspetto della figura in basso.

Se compiliamo il programma selezionato con l'opzione Build All sul menù Project, verificheremo come il nostro programma venga compilato e assemblato senza errori. Grazie a questo passaggio verrà generato il file in codice macchina ".hex" necessario per scrivere il PIC, prima dell'operazione di scrittura però è consigliabile simulare il funzionamento del programma per verificare che sia conforme a quanto desiderato.

Simulazione

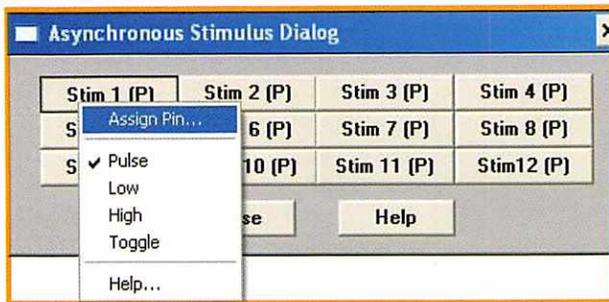
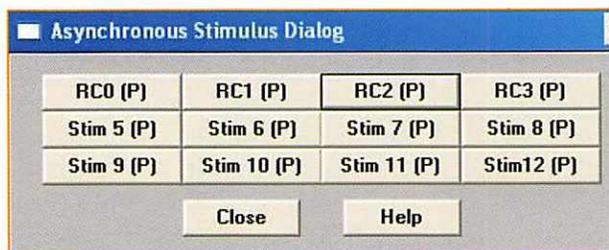
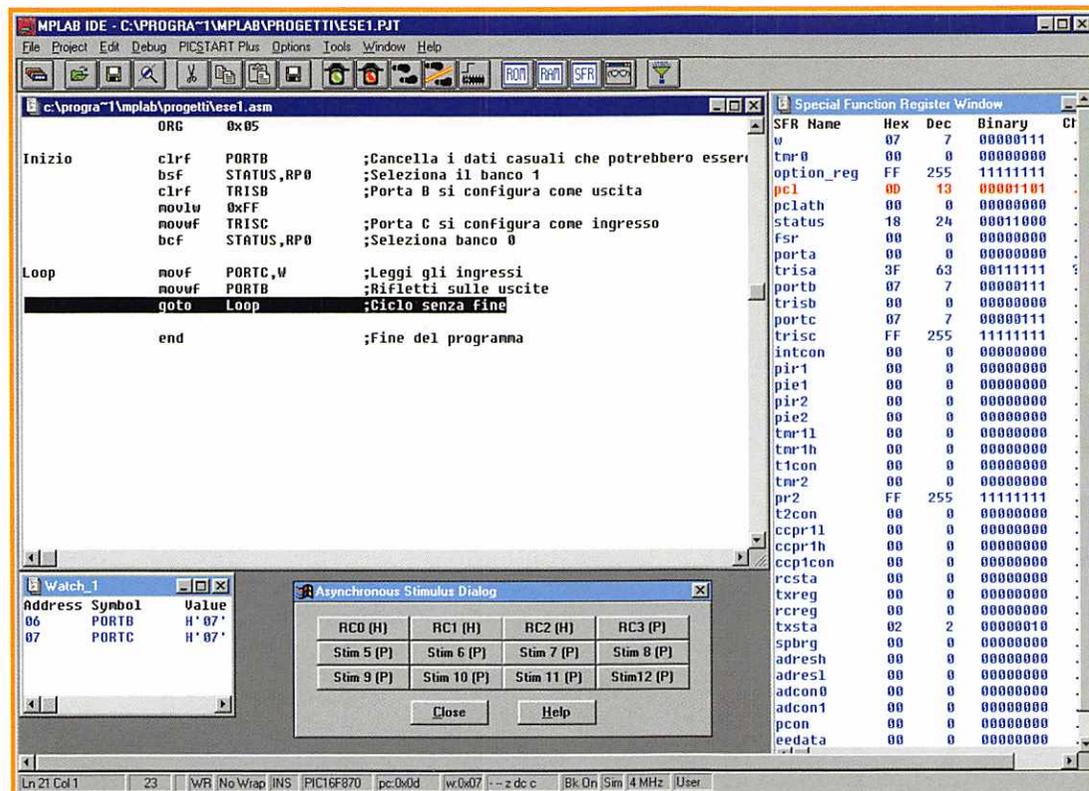
Per simulare questo esercizio apriremo la finestra di "Special Function Register" , creeremo una finestra in cui poter vedere unicamente i registri che ci interessano per il risultato finale (PORTB e PORTC) e programmeremo il nostro simulatore di stimoli. Se dal menù Debug selezioniamo l'opzione Simulator Stimulus e all'interno di questa selezioniamo Asynchronus Stimulus apparirà una finestra come quella della figura della pagina successiva. Se clicchiamo con il pulsante destro del mouse sul primo stimolo e selezioniamo l'opzione Assign Pin ci apparirà una lista con diversi pin (terminali) che si possono assegnare; nel nostro caso assegneremo RC0. Ripeteremo i passaggi per il resto dei terminali del-

la porta C, anche se per realizzare la simulazione sarà sufficiente assegnare i primi quattro. In questo modo il simulatore di stimoli asincroni assumerà l'aspetto mostrato dalla figura.

Simulatore di stimoli asincroni.

Asynchronous Stimulus Dialog

RC0 (P)	RC1 (P)	RC2 (P)	RC3 (P)
Stim 5 (P)	Stim 6 (P)	Stim 7 (P)	Stim 8 (P)
Stim 9 (P)	Stim 10 (P)	Stim 11 (P)	Stim12 (P)

Close Help

Dopo la configurazione il simulatore di stimoli avrà questo aspetto.

Possiamo ora iniziare la simulazione. Se clicchiamo F7 o le diverse opzioni viste nei fascicoli precedenti per la simulazione passo a passo, osserveremo nella finestra dei registri speciali, come si configurano le porte e i registri associati man mano che eseguiamo il programma. Osservate che quando cambia un registro quest'ultimo è visualizzato in rosso nella finestra.

Quando entriamo nel ciclo apparentemente questo viene eseguito correttamente anche se non vediamo cambiamenti dato che all'ingresso (porta C) troviamo valore zero, quindi l'uscita è allo stesso valore. Sul pulsante del simulatore possiamo selezionare il valore che desideriamo far assumere ai terminali di ingresso. Quindi con il pulsante destro clicchiamo sul pin e impostiamo High, questo significa che avremo un livello alto su questo ingresso. Quando clicchiamo il pin con il pulsante sinistro diamo l'ordine di aggiornare il valore, quindi se continuiamo la simulazione passo a passo mediante F7 (dovremo cliccare una volta sulla finestra con il codice per far riprendere la simulazione) vedremo come cambia l'ingresso e a sua volta cambia l'uscita.

Cambiando i valori del simulatore di stimoli vedremo anche come cambia l'uscita, quindi daremo per buona la simulazione e ci prepareremo per scrivere il PIC ed eseguire il montaggio sul laboratorio, anche se questo lo vedremo in un fascicolo successivo.

Verifica della corretta esecuzione della simulazione.